

PRÉVISION DE LA COMPOSITION CHIMIQUE DU FOURRAGE INGÉRÉ PAR DES CHÈVRES LAITIÈRES SELON SA NATURE ET LE TAUX DE REFUS

Mise en situation

La chèvre est un animal réputé pour son comportement de tri. Les fourrages distribués sont très diversifiés en élevage caprin, avec des capacités de tri et des taux de refus très variables. Dans un contexte d'une meilleure efficacité des systèmes, cet article a pour objectif de mieux appréhender l'impact sur la qualité de l'ingéré de la nature du fourrage et du niveau de refus.

Résumé

Les élevages caprins présentent la particularité de valoriser une diversité de ressources alimentaires, variables en termes de qualité et de forme d'apport. La chèvre est réputée pour sa capacité à trier le fourrage distribué de manière plus prononcée que les autres ruminants, et à adapter son comportement alimentaire au type d'alimentation qu'elle reçoit. Cette capacité de tri peut modifier la valeur alimentaire du fourrage ingéré au regard de celle du fourrage distribué. Cette caractéristique animale combinée à un contexte de rations diversifiées rend difficile la prévision des réponses des chèvres aux apports alimentaires, ainsi que la maîtrise des quantités de refus. À partir d'une base de données rassemblant les résultats d'essais de 4 sites expérimentaux, des équations de prévision de la composition chimique du fourrage ingéré sont proposées. Cette base de données comporte 8 types de fourrages et 260 couples de compositions chimiques et quantités de fourrage distribué et refusé. Ces fourrages ont été répartis en 3 groupes en fonction de leur capacité à être triés. Cette étude confirme que la capacité d'un fourrage à être trié et le taux de refus affectent la composition chimique de l'ingéré. Un effet important a été observé avec du foin de luzerne (+ 8 g de MAT/kg MS pour 10 % de refus supplémentaire) et un effet moindre avec des fourrages peu triés, tel que le foin de graminées (+1 g de MAT/kg MS pour 10 % de refus supplémentaire). Pour les autres fourrages qualifiés de triables, on observe un gain de +5 g de MAT/kg MS pour 10 % de refus supplémentaire. Des réponses similaires ont été observées sur les teneurs en NDF et ADF, avec une diminution de leur teneur dans le fourrage ingéré lorsque le taux de refus augmente. Cette étude confirme la capacité de la chèvre à trier les fourrages et qu'il est possible de mieux prévoir la composition chimique du fourrage ingéré en fonction de sa nature et du taux de refus.

Summary

Prediction of the chemical composition of the forage selected by dairy goats according to forage type and refusal rate

Goat farms are unique in that they make the most of a wide range of feed resources, varying in quality and form. Goats are known for their ability to sort the forage offered to a greater extent than other ruminants, and to adapt their feeding behaviour to the type of distributed forage. This ability to sort can modify the expected feed value of the ingested forage in relation to that of the forage offered. This animal characteristic, combined with a context of diversified rations, makes it difficult to predict goats' responses to feed intake, and thus to control the quantity of refusals. Based on a database of trial results from 4 experimental sites, predictive equations for the chemical composition of ingested forage are proposed. This database includes 8 types of forage and 260 pairs of chemical values and quantities of forage distributed and refused. These forages were divided into 3 groups according to their ability to be sorted. This study confirms that the ability of a forage to be sorted and the refusal rate affect the chemical composition of the forage selected. A significant effect was observed with lucerne hay (+ 8 g/kg DM of crude protein (CP) for 10% additional refusal rate) and a lesser effect with unsorted forages, such as grass hay (+1 g/kg DM of CP for 10% additional refusal rate). For other forages qualified as sortable, we observe a gain of +5 g/kg DM of CP for 10% additional refusal rate. Similar responses were observed for NDF and ADF concentrations, with a decrease in their concentration in the ingested forage with increasing refusal rate. This study confirms the goat's ability to sort forage, and that it is possible to better predict the chemical composition of ingested forage according to its nature and to refusal rate.

Auteurs

Guyard R.¹, Delagarde R.², Puillet L.³, Boyer C.⁴, Bluet B.⁵, Caillat H.¹

¹INRAE, FERLus, Les Verrines, 86600 Lusignan, France

²PEGASE, INRAE Institut Agro, 16 Le Clos, 35590 Saint-Gilles, France

³Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, MoSAR, 91120 Palaiseau, France

⁴Institut de l'Élevage, Ferme Expérimentale Caprine du Pradel, 950 chemin du Pradel, 07170 Mirabel, France

⁵Institut de l'Élevage, CS 45002 - 86550 Mignaloux Beauvoir, France

Auteur correspondant

Hugues CAILLAT, Hugues.Caillat@inrae.fr

Mots clés

Base de données, ruminant, foin de luzerne, tri, ingestion

Key words

Database, ruminant, lucerne hay, sorting, intake

Références de l'article

Guyard R., Delagarde R., Puillet L., Boyer C., Bluet B., Caillat H. (2025). Prévision de la composition chimique du fourrage ingéré par des chèvres laitières selon sa nature et le taux de refus - *Fourrages* 261, 69-82

Article accepté pour publication le 23 avril 2025.

1. Introduction

Les élevages caprins présentent la particularité de valoriser une diversité de ressources alimentaires, variables en termes de qualité et de forme d'apport. Cela se traduit par une grande diversité de systèmes fourragers allant du pastoralisme aux systèmes basés sur l'ensilage de maïs, en passant par de multiples formes de valorisation de l'herbe (Caillat *et al.*, 2016). Cette particularité s'observe également dans les pratiques des éleveurs en multipliant les distributions ou l'ordre des fourrages, ou en tolérant plus ou moins de refus pour maximiser l'ingestion de ces mêmes fourrages (Bluet *et al.*, 2024). Sur un plan pratique, les éleveurs cherchent à bien valoriser les fourrages distribués aux chèvres, ce qui veut dire trouver un bon équilibre entre la quantité distribuée et la quantité refusée, cette dernière étant souvent de la perte si les refus ne peuvent être valorisés autrement sur l'exploitation. De plus, les éleveurs jugent qu'il ne faut pas gérer le taux de refus de la même façon selon le type de fourrage distribué, avec plus de refus à accepter sur des fourrages grossiers et fibreux, et moins de refus sur les fourrages humides tels que l'enrubannage d'herbe (Fança *et al.*, 2025).

Les ruminants sont en effet connus pour être capables de choisir leur régime alimentaire parmi les fourrages à disposition et en fonction de leur environnement (Provenza *et al.*, 1990 ; Dumont *et al.*, 2001). Parmi les ruminants, la chèvre est réputée pour sa capacité à trier le fourrage distribué de manière plus prononcée, et à adapter son comportement alimentaire au type d'alimentation qu'elle reçoit (Collins *et al.*, 1986 ; Abijaoudé *et al.*, 2000 ; Görgülü *et al.*, 2008). Le comportement de tri du fourrage par les chèvres a été observé aussi bien à l'auge (Morand-Fehr *et al.*, 1977) qu'au pâturage (Bourbouze et Guessous, 1977 ; Claps *et al.*, 1997) et est particulièrement prononcé pour les fourrages à base de légumineuses (Morand-Fehr *et al.*, 1987) et pour les rations complètes mélangées (Berthel *et al.*, 2024). Les chèvres sont ainsi capables de modifier la composition de leur ration en favorisant certaines portions d'un aliment, en général plus riches en matières azotées et plus pauvres en fibres (Morand-Fehr *et al.*, 1980) ou en favorisant un aliment par rapport à un autre (Dulphy *et al.*, 1995 ; Giger-Reverdin *et al.*, 2022 ; Delagarde *et al.*, 2025b). Dans le cas du foin de luzerne les chèvres sont capables de prioriser les feuilles par rapport aux tiges et la valeur nutritive du foin réellement ingéré est sensiblement supérieure à celle du foin distribué (Morand-Fehr *et al.*, 1980). Il n'est pas toujours facile de déterminer si le tri des chèvres laitières est en lien direct avec des besoins nutritionnels élevés, car les éléments morphologiques faciles à attraper (limbes, feuilles) sont aussi souvent les plus riches à la fois en énergie (peu de fibres) et en protéines.

Plusieurs travaux montrent que la sélection par les chèvres se fait plus sur la taille des particules que sur la teneur en protéines des composants du fourrage, que ce soit sur des rations complètes mélangées où les chèvres délaissent les parties les plus grossières

(Berthel *et al.*, 2024) ou sur de la luzerne déshydratée où ce sont au contraire les particules les plus fines (et les plus riches en protéines) qui sont délaissées (Hurtaud *et al.*, 2025).

Il apparaît également que ce comportement de tri est influencé par la disponibilité en fourrage pour la chèvre, ce qui expliquerait l'augmentation des quantités de foin de luzerne ingéré quand les quantités de foin de luzerne distribuées et le taux de refus augmentent (Morand-Fehr, 1981). Des effets du taux de refus ont également été identifiés sur la teneur en cellulose brute et la digestibilité du foin de luzerne ingéré par rapport au distribué (Giger *et al.*, 1987).

S'il est connu que les chèvres trient les fourrages et que le taux de refus peut affecter le tri et la valeur nutritive du fourrage ingéré, très peu de travaux de synthèse ont permis de comparer et de catégoriser les types de fourrages selon le tri effectif réalisé par les chèvres, dans différentes conditions d'accès au fourrage. Sur le plan nutritionnel et de la gestion de l'alimentation des chèvres, il est cependant intéressant de pouvoir quantifier les écarts de composition chimique entre le fourrage distribué, le fourrage refusé et, par calcul, le fourrage ingéré, selon la nature du fourrage. Cela peut permettre, en complément des effets du taux de refus sur la quantité ingérée de fourrage (Zemmelink, 1980 ; Sauvart *et al.*, 2021), de mieux prévoir la variation des apports alimentaires selon le taux de refus des fourrages, permettant de mieux piloter la complémentation en concentrés et/ou de rassurer les éleveurs sur leurs pratiques de distribution (Fança *et al.*, 2025).

Ainsi, l'objectif de cette étude est de déterminer les effets du taux de refus et de la nature du fourrage sur l'écart de composition chimique entre un fourrage distribué et ingéré par les chèvres, à partir d'une base de données expérimentales pluri-annuelle et multi-sites. Il s'agit aussi de proposer des équations de prévision de la composition chimique du fourrage ingéré en fonction de celle du fourrage distribué, de la nature de ce fourrage et du taux de refus.

2. Matériels et méthodes

2.1. Construction de la base de données

La base de données est constituée de couples d'échantillons de fourrages distribués et refusés issus de 21 essais réalisés de 2014 à 2022 sur 4 dispositifs expérimentaux caprins en France, à savoir l'installation expérimentale INRAE de l'UMR MoSAR (78850 Thiverval-Grignon), la ferme expérimentale du Pradel (EPLEFPA Olivier de Serres, 07170 Mirabel), l'Unité Expérimentale INRAE FERLus (86600 Lusignan, <https://doi.org/10.15454/1.5572219564109097E12>) et la ferme expérimentale INRAE de Méjusse (35750 Le Rheu, France, <https://doi.org/10.15454/yk9q-pf68>). Parmi ces essais, 10 ont été réalisés en 2021 et 2022 au cours du projet MaxForGoat, d'autres dans le cadre du suivi de d'alimentation de l'expérimentation système Patuchev (FERLus) (Caillat *et al.*, 2024) et enfin dans le cadre des travaux

sur l'alimentation de la chèvre à l'herbe affourragée et au pâturage (Charpentier *et al.*, 2017). La base de données a été construite avec l'objectif d'avoir une diversité la plus large possible de types de fourrages et de taux de refus à partir de données d'essais récents disponibles dans les quatre dispositifs expérimentaux caprins impliqués dans le projet MaxForGoat, qui sont les 4 sites expérimentaux caprins principaux en France conduisant des études sur l'alimentation. Aucun critère de sélection particulier des données n'a été établi, c'est-à-dire que toutes les données disponibles ont été intégrées dans la base à partir du moment où le fourrage (ou la ration) pouvait être caractérisé, et que les quantités et la composition chimique des fourrages distribués et refusés étaient mesurées.

Les données ont été identifiées par le dispositif expérimental d'origine, le nom de l'essai, la période et le traitement pour les essais factoriels et un code pour identifier le lot ou l'animal pour les mesures individuelles. Un code permet également d'identifier le fourrage distribué dans le cas où des fourrages différents sont distribués dans un même régime.

Les données collectées pour la construction de la base de données sont :

- Les résultats d'analyses chimiques des échantillons de fourrage (teneur en matière sèche, en matières minérales, en matières azotées totales, en NDF, ADF et ADL) Les analyses ont été réalisées dans les laboratoires des différentes unités ou dans des laboratoires associés à chaque unité, selon les méthodes officielles décrites par Boyer *et al.* (2025) et Delagarde *et al.* (2025a).
- Les quantités de matière sèche distribuées et refusées (individuelles ou en lots) associées aux échantillons.
- Les informations sur le fourrage distribué : nature de fourrage (vert, foin, foin ventilé, ensilage, enrubannage, ration mélangée), pur ou en mélange, espèce principale dans le fourrage, pourcentage de légumineuses et espèce de légumineuse principale pour les mélanges.

La base de données initiale comprenait 418 mesures réparties entre 185 mesures obtenues en lots et 233 mesures individuelles. Un ensemble de 9 couples distribué-refus appartenant au même essai d'affouragement en vert a été retiré car les refus présentaient des teneurs en matières minérales anormalement élevées en raison de fortes contaminations par de la terre de l'herbe récoltée à la machine (taupinières) et donc des refus. Nous avons également fait le choix de retirer 2 couples d'échantillons en raison de quantités ingérées extrêmement faibles associées à des taux de refus élevés.

Pour réduire la variabilité liée aux mesures individuelles et pour ne pas sur-représenter dans les analyses statistiques des données obtenues dans des situations alimentaires identiques, les données individuelles ont été regroupées en lots reconstitués. Ces regroupements ont été effectués en calculant un échantillon moyen de fourrage distribué et refusé et des quantités moyennes

distribuées et refusées à partir des valeurs individuelles des lots reconstitués. Les lots reconstitués sont donc composés de tous les individus ayant reçu le même traitement à une même période. Les 224 mesures individuelles restant après filtrage ont ainsi été regroupées en 77 mesures en lots reconstitués. Au final, la base ne contient que des données moyennes essai × période × régime alimentaire.

À partir des informations fournies sur les différents fourrages présents dans la base de données, huit types de fourrages ont été identifiées et codifiées : herbe verte, enrubannage de graminées, ensilage de maïs, rations mélangées avec une base ensilage de maïs, foin de graminées, foin de luzerne, foin de sainfoin et foin de prairies multi-espèces (PME). La base de données finale utilisée pour l'analyse après filtrage et regroupement est donc constituée de 183 mesures en lots et 77 mesures en lots reconstitués pour un total de 260 couples distribué/refusé. Parmi ces mesures, 235 sont issues de suivis avec des chèvres en lactation et 25 avec des chèvres taries. Les 8 types de fourrages sont représentés de manière inégale allant de 8 valeurs pour les moins représentés, et 82 valeurs pour les foin de prairies multi-espèces (Tableau 1). L'ensilage de maïs et l'enrubannage de graminées ne présentent que 8 valeurs. Le foin de sainfoin, le foin de graminées, l'affouragement en vert et le foin de PME comptent entre 12 et 73 valeurs et le foin de luzerne est le fourrage disposant de valeurs issues de 3 sites expérimentaux sur 4 (Tableau 1).

2.2. Données calculées

À partir des données collectées, plusieurs variables ont été calculées, telles que :

- le taux de refus (%ref), qui est le rapport entre Qref, la quantité de fourrage refusé en kg MS, et Qdist, la quantité de fourrage distribué en kg MS.

$$\% \text{ ref} = Q_{\text{ref}} / Q_{\text{dis}}$$

- la différence de composition chimique entre l'échantillon de refus et de distribué $\Delta T_{\text{ref_dist}}$, où Tref est la teneur des refus en g/kg MS et Tdist est la teneur du distribué en g/kg MS.

$$\Delta T_{\text{ref_dist}} = T_{\text{ref}} - T_{\text{dist}}$$

- la teneur de l'ingéré Ting en g/kg MS, qui est le rapport entre la quantité ingérée du nutriment considéré (Ferreira *et al.*, 2021) et la quantité de MS ingérée totale.

$$T_{\text{ing}} = (T_{\text{dist}} \times Q_{\text{dist}} - T_{\text{ref}} \times Q_{\text{ref}}) / (Q_{\text{dist}} - Q_{\text{ref}})$$

- la différence de teneur entre l'ingéré et le distribué $\Delta T_{\text{ing_dist}}$ en g/kg MS

$$\Delta T_{\text{ing_dist}} = T_{\text{ing}} - T_{\text{dist}}$$

Tableau 1 Origine des données par ferme expérimentale et par type de fourrage

Table 1: Origin of data by experimental farm and forage type

Type de fourrage	Ferme expérimentale				
	FERLus	MoSAR	Pegase	Pradel	Total
Vert	-	-	20 / 40	-	20/40
Enrubannage graminées	-	-	8 / 0	-	8/0
Ensilage maïs	-	-	8 / 0	-	8/0
Ration mélangée	-	0 / 12	6 / 0	-	6/12
Foin graminées	-	-	6 / 16	-	6/16
Foin luzerne	12 / 0	-	32 / 0	6 / 0	50/0
Foin sainfoin	12 / 0	-	-	-	12/0
Foin multi-espèces	73 / 9	-	-	-	73/9
Total	97/9	0/12	80/56	6/0	183/77

Mesures en lot / mesures en lots reconstitués

2.3 Analyse statistique des données

Les statistiques descriptives, les équations des modèles statistiques et les graphiques ont été réalisés à l'aide du logiciel RStudio version 2023.12.0 et des packages dplyr, skimr et ggplot2. Les méthodes d'analyse utilisées pour construire les modèles statistiques sont la régression linéaire simple et l'analyse de covariance. Tous les modèles présentés sont issus d'une sélection de variables et ne présentent que des effets significatifs ($P < 0,05$), à la fois pour les pentes et pour les interactions de pente avec le groupe de fourrages. Nous nous sommes concentrés sur la prévision des teneurs en MAT, NDF et ADF du fourrage ingéré par les chèvres. Trois types de modèles ont été développés à partir du jeu de données. Le premier est un modèle de régression linéaire simple de prévision de la teneur de l'ingéré en fonction de la teneur du distribué, tous types de fourrage et tous taux de refus confondus. l'erreur résiduelle.

$$Ting_i = \alpha + \beta \times Tdist_i + \epsilon_i$$

Où $Ting_i$ la teneur de l'ingéré, $Tdist_i$ la teneur du distribué, α l'ordonnée à l'origine, β l'effet de la teneur du distribué et ϵ_i l'erreur résiduelle.

Le deuxième type de modèle est un modèle de covariance, pour prévoir la différence de teneur entre fourrage ingéré et distribué, prenant en compte l'effet du taux de refus et son interaction avec le groupe de fourrages ($n = 3$). Pour ce modèle le choix a été fait de fixer une ordonnée à l'origine nulle pour respecter le fait que la composition de l'ingéré et du distribué sont identiques quand il n'y a pas de refus.

$$\Delta Ting_dist_{ij} = (\gamma + \delta_j) \times \%ref_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Où $\Delta Ting_dist_{ij}$ la différence de teneur entre l'ingéré et le distribué, $\%ref_{ij}$ est le taux de refus en matière sèche, γ l'effet du taux de refus, δ_j l'effet de l'interaction de pente entre le taux de refus et le groupe de fourrage ($n = 3$) et ϵ_{ij} l'erreur résiduelle. Dans ce modèle, nous avons forcé l'ordonnée à l'origine à 0, car, lorsqu'il n'y a pas de refus, la composition chimique de l'ingéré est égale à celle du distribué.

Le dernier type de modèle est un modèle de covariance, pour prévoir la composition chimique du fourrage ingéré prenant en compte l'effet de la composition chimique du fourrage distribué et du taux de refus en interaction avec le groupe de fourrage.

$$Ting_{-ij} = \alpha + \beta \times Tdist_{ij} + (\gamma + \delta_j) \times \%ref_{ij} + \epsilon_{ij}$$

Où $Ting_{-ij}$ la teneur de l'ingéré, $Tdist_{ij}$ la teneur du distribué, $\%ref_{ij}$ est le taux de refus en matière sèche, α l'ordonnée à l'origine, β l'effet de la teneur du distribué, γ l'effet du taux de refus, δ_j l'effet de l'interaction entre le taux de refus et le groupe de fourrage ($n = 3$) et ϵ_{ij} l'erreur résiduelle.

Tableau 2 : Statistiques descriptives du taux de refus par type de fourrage
Table 2: Descriptive statistics of the proportion of refusals according to forage type

Taux de refus (%)					
Type de fourrage	n	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Vert	60	18,9	6,91	3,3	31,2
Enrubannage graminées	8	16,8	4,04	11,4	24,9
Ensilage maïs	8	12,6	2,49	9,2	16,4
Ration mélangée	18	15,1	4,14	9,3	24,5
Foin graminées	22	10,3	9,17	0,6	25,6
Foin luzerne	50	13,8	3,88	8,1	29,6
Foin sainfoin	12	16,7	3,19	11,7	23,1
Foin multi-espèces	82	16,6	5,33	4,8	29,8
Total	260	15,9	6,15	0,6	31,2

3. Résultats

3.1. Description des gammes de variation des taux de refus et des compositions chimiques des fourrages

Les taux de refus ont varié entre 0,6 % et 31,2 % avec en moyenne 15,9 % de refus. Les taux de refus moyen par type de fourrage ont varié entre 10,3 % et 18,9 % (Tableau 2).

Une description complète de la plage de variation de la composition chimique des fourrages distribués, refusés et ingérés, ainsi que de la différence entre refusé et distribué, et entre ingéré et distribué, est présentée au Tableau 3, pour l'ensemble de la base de données. Les teneurs en MS, MM, MAT, NDF, ADF et ADL moyennes sur l'ensemble des fourrages sont respectivement de 639 ± 320,0 g/kg brut, 88 ± 18,7 g/kg MS, 141 ± 36,7 g/kg MS, 494 ± 69,3 g/kg MS, 295 ± 44,6 g/kg MS et 44 ± 17,5 g/kg MS.

Le tableau 4 présente la composition chimique des fourrages distribués, refusés et ingérés par type de fourrage. La composition chimique des fourrages distribués a été très variable, y compris intra-type de fourrage. Les fourrages avec le moins de variabilité ont été l'enrubannage de graminées et l'ensilage de maïs. La suite de l'analyse des résultats se focalise sur les teneurs en MAT, en NDF et en ADF.

3.2. Comparaison des compositions chimiques des échantillons de fourrages distribués et refusés

Les refus ont été en moyenne plus pauvres en MAT (- 36 g/kg MS) et plus riches en NDF et ADF (respectivement + 83 g/kg MS et

+ 69 g/kg MS) que le distribué (Tableau 3). Cependant, on observe une variabilité importante de la valeur du fourrage refusé pour des valeurs similaires du fourrage distribué (Figure 1). On observe également des différences entre types de fourrages, en particulier sur la MAT, pour laquelle le foin de luzerne présente un différentiel de - 69 g/kg MS, donc des refus contenant beaucoup moins de MAT que le distribué (Tableau 4).

À l'opposé, l'enrubannage de graminées présente un différentiel moyen de +9 g/kg MS, donc des refus en moyenne numériquement légèrement plus riches en MAT que le distribué (Tableau 4). Il n'a pas été possible de mettre en évidence un effet du taux de refus sur la différence de teneur en MAT, en NDF et en ADF entre le fourrage distribué et le fourrage refusé. Cependant la position relative des nuages de points (Figure 1) et les valeurs moyennes par type de fourrage (Tableau 4) ont permis d'effectuer des regroupements entre les 8 types de fourrages pour faciliter les comparaisons et la prévision de la composition chimique de la fraction ingérée par les chèvres. Nous avons ainsi créé trois groupes :

- Un groupe « Tri faible », comportant les fourrages pour lesquels la composition chimique des refus est proche de celle du distribué. Ce groupe comprend l'herbe verte, l'enrubannage de graminées, l'ensilage de maïs et le foin de graminées (n = 90).
- Un groupe « Tri intermédiaire », comportant des fourrages triés, avec des refus clairement différents du distribué. Il est constitué des rations mélangées, du foin de sainfoin et du foin de PME (n = 120).
- Un groupe « Tri important », comportant les fourrages ayant les différences de composition chimique les plus importantes entre distribué et refus. Ce groupe est constitué uniquement du foin de luzerne (n = 50).

Tableau 3 : Statistiques descriptives de la composition chimique des fourrages distribués, refusés et ingérés (g/kg brut pour la MS, g/kg MS pour les autres variables) dans la base de données

Table 3: Descriptive statistics of chemical composition of offered, refused and ingested forage (g/kg gross for DM, g/kg DM for the other variables) in the database

Variable		moyenne	écart type	minimum	1er quartile	médiane	3ème quartile	maximum
MS	distribué	639	320,0	121	269	881	898	930
	refusé	642	295,3	114	328	854	879	949
	ref-dist ^a	3	40,1	-59	-28	-2	20	160
	ingéré	638	325,0	118	250	883	896	942
	ing-dist ^a	0	0,8	-3	0	0	0	1
MM	distribué	88	18,7	39	80	89	98	138
	refusé	88	33,2	18	65	80	103	209
	ref-dist	0	30,0	-48	-20	-7	12	148
	ingéré	89	19,7	21	81	91	100	135
	ing-dist	1	5,0	-21	-1	1	4	12
MAT	distribué	142	36,7	70	115	138	170	226
	refusé	105	36,3	38	78	97	131	234
	ref-dist	-36	30,0	-118	-61	-36	-10	27
	ingéré	148	38,7	69	120	142	176	227
	ing-dist	7	6,2	-7	2	7	11	27
NDF	distribué	495	69,3	322	454	482	519	682
	refusé	578	69,6	396	526	584	637	709
	ref-dist	83	72,0	-158	32	81	132	277
	ingéré	478	74,6	287	433	468	499	693
	ing-dist	-17	14,2	-62	-24	-14	-6	16
ADF	distribué	295	44,6	170	268	293	328	408
	refusé	364	76,1	206	304	360	418	533
	ref-dist	69	58,3	-87	21	66	107	234
	ingéré	282	43,2	150	256	276	303	395
	ing-dist	-14	12,0	-56	-21	-11	-5	8
ADL	distribué	44	17,5	14	28	43	57	83
	refusé	61	31,3	15	34	53	84	168
	ref-dist	17	18,5	-18	4	12	27	122
	ingéré	40	16,5	2	25	41	53	79
	ing-dist	-4	5,6	-43	-5	-2	-1	3

^a: ref-dist : écart refusé – distribué ; ing-dist : écart ingéré - distribué

Tableau 4 : Composition chimique des fourrages distribués, refusés et ingérés (g/kg MS) dans la base de données par type de fourrage

Table 4: Chemical composition of offered, refused and ingested forage in the database by forage type (g/kg DM)

Type de fourrage	N		MS g/kg brut	MM	MAT	NDF	ADF	ADL
Vert	60	distribué	179 ± 42,5	98 ± 19,5	142 ± 38,8	485 ± 48,2	271 ± 43,6	32 ± 15,1
		refusé	218 ± 67,4	116 ± 32,9	128 ± 45,5	530 ± 69,8	305 ± 68,4	46 ± 34,2
		ref-dist ^a	40 ± 35,2	18 ± 21,9	-14 ± 20,8	45 ± 37,1	35 ± 32,7	14 ± 25,8
		ingéré	170 ± 38,6	95 ± 18,6	146 ± 38,6	473 ± 45,8	262 ± 36,4	27 ± 14,2
Enrubannage graminées	8	distribué	384 ± 78,0	100 ± 3,3	145 ± 6,8	489 ± 10,5	275 ± 4,9	27 ± 1,2
		refusé	431 ± 51,2	103 ± 7,4	154 ± 11,3	504 ± 17,7	276 ± 6,7	31 ± 3,0
		ref-dist	47 ± 33,6	3 ± 6,6	9 ± 5,9	15 ± 13,7	1 ± 7,3	5 ± 2,2
		ingéré	373 ± 84,7	100 ± 3,6	143 ± 5,8	487 ± 11,2	275 ± 5,7	26 ± 0,8
Ensilage maïs	8	distribué	368 ± 24,7	49 ± 5,5	83 ± 12,2	474 ± 10,1	255 ± 8,6	22 ± 1,8
		refusé	359 ± 26,9	82 ± 24,9	82 ± 9,2	580 ± 26,9	320 ± 16,4	26 ± 2,7
		ref-dist	-9 ± 24,3	33 ± 24,9	-1 ± 4,9	106 ± 27,4	65 ± 16,4	4 ± 2,1
		ingéré	369 ± 26,5	43,8 ± 6,5	83 ± 12,8	459 ± 12,3	246 ± 9,1	21 ± 1,8
Ration mélangée	18	distribué	547 ± 100,3	67 ± 18,6	128 ± 3,4	437 ± 60,4	242 ± 39,1	37 ± 16,3
		refusé	569 ± 79,3	82 ± 40,9	84 ± 12,5	545 ± 32,9	317 ± 23,8	41 ± 12,7
		ref-dist	22 ± 48,0	16 ± 54,1	-43 ± 12,0	108 ± 64,7	75 ± 33,3	4 ± 5,8
		ingéré	544 ± 104,5	65 ± 25,2	135 ± 4,3	419 ± 67,0	229 ± 41,5	37 ± 16,9
Foin graminées	22	distribué	899 ± 16,4	78 ± 7,8	100 ± 11,7	664 ± 16,0	357 ± 10,7	38 ± 6,2
		refusé	887 ± 18,7	108 ± 32,6	99 ± 23,9	663 ± 21,4	344 ± 30,9	47 ± 8,0
		ref-dist	-12 ± 26,2	29 ± 27,6	-2 ± 14,8	-31 ± 57,0	-13 ± 38,5	9 ± 4,5
		ingéré	900 ± 18,0	77 ± 7,8	101 ± 10,1	633 ± 46,4	355 ± 15,0	37 ± 6,9
Foin luzerne	50	distribué	896 ± 16,1	89 ± 7,9	188 ± 20,3	449 ± 26,3	311 ± 26,0	61 ± 7,7
		refusé	879 ± 30,5	71 ± 24,9	119 ± 28,2	607 ± 54,9	445 ± 54,5	91 ± 15,0
		ref-dist	-16 ± 26,2	-18 ± 23,8	-69 ± 14,4	158 ± 53,9	134 ± 47,3	30 ± 10,3
		ingéré	898 ± 17,0	92 ± 8,7	199 ± 18,2	421 ± 25,8	288 ± 22,4	55 ± 6,1
Foin sainfoin	12	distribué	887 ± 17,9	53 ± 8,3	102 ± 19,9	532 ± 45,5	370 ± 28,5	71 ± 10,0
		refusé	872 ± 13,3	33 ± 13,9	63 ± 18,3	635 ± 35,9	460 ± 32,1	95 ± 16,6
		ref-dist	-16 ± 16,0	-20 ± 11,8	-39 ± 12,9	103 ± 35,7	91 ± 24,7	23 ± 8,3
		ingéré	891 ± 20,7	57 ± 8,7	110 ± 20,1	511 ± 47,8	351 ± 28,4	66 ± 8,7
Foin multi-espèces	82	distribué	896 ± 16,4	95 ± 10,3	138 ± 21,0	491 ± 42,5	295 ± 27,1	47 ± 12,1
		refusé	870 ± 14,2	80 ± 15,9	91 ± 24,9	590 ± 67,2	380 ± 57,6	68 ± 26,5
		ref-dist	-25 ± 18,2	-15 ± 13,5	-47 ± 23,2	99 ± 55,2	85 ± 47,1	20 ± 16,9
		ingéré	900 ± 18,7	98 ± 11,4	147 ± 23,8	472 ± 44,4	278 ± 27,8	44 ± 10,9

Moyenne ± écart type. ^a: ref-dist : écart refusé – distribué

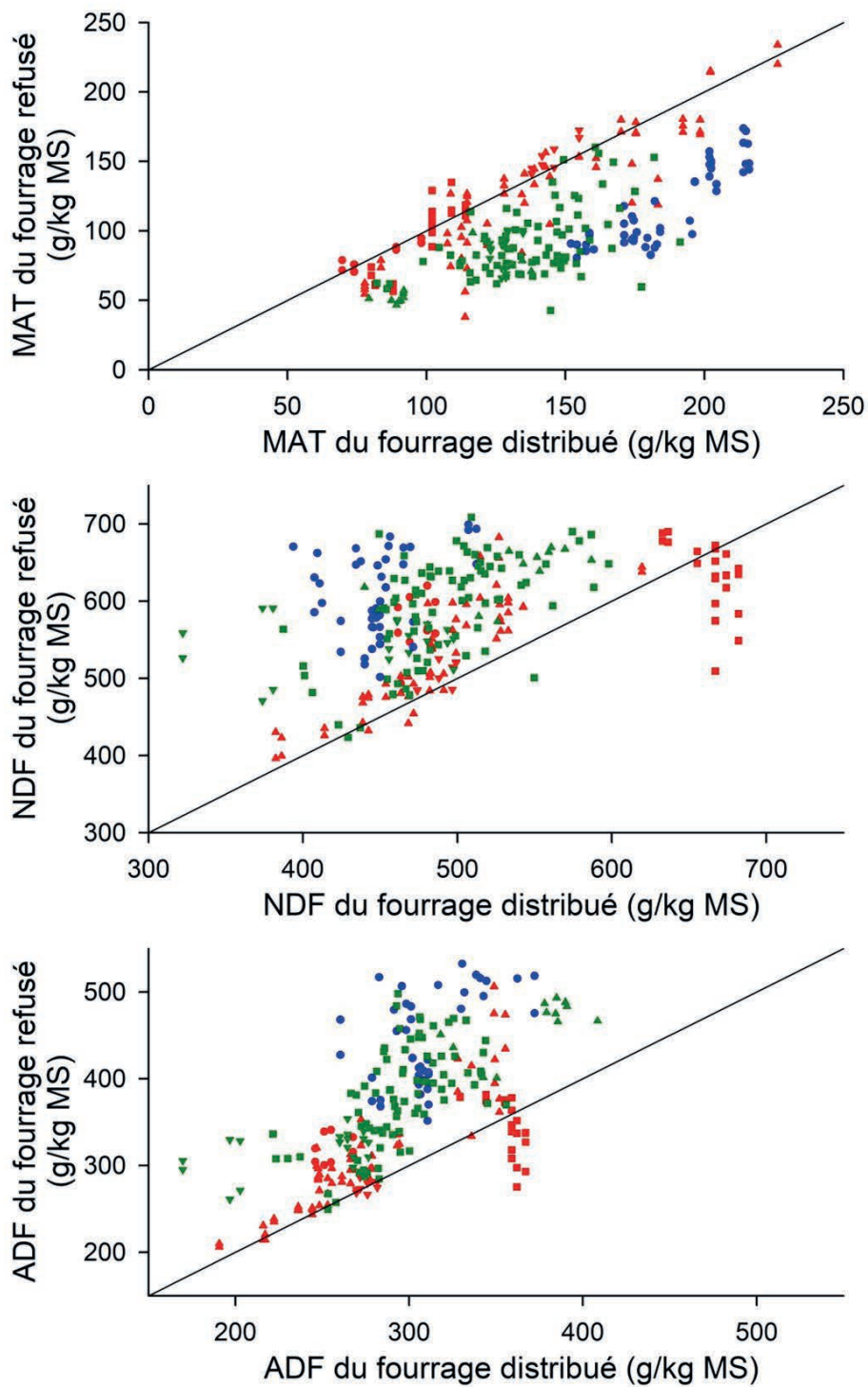


Figure 1 : Relations entre les teneurs en MAT, NDF et ADF des fourrages distribués et refusés selon le type de fourrage.

Légende : ▲ Herbe verte, ▼ Enrubannage de graminées, ● Ensilage de maïs, ▼ Ration complète, ● Foin de luzerne, ■ Foin de graminées, ▲ Foin de sainfoin, ■ Foin de prairies multi-espèces.

Figure 1: Relationships between CP, NDF and ADF concentration of offered and refused forage according to forage type

Legend: ▲ Fresh herbage, ▼ Wrapped grass, ● Maize silage, ▼ Total mixed ration, ● Lucerne hay, ■ Grass hay, ▲ Sainfoin hay, ■ Multi-species sward hay.

Après regroupement, 8 valeurs d'affouragement en vert correspondant à la même modalité de fourrage d'un essai ont été déplacées dans le groupe « Tri intermédiaire ». Cette modalité correspondait à un fourrage vert épié avec un tri marqué des chèvres. Les valeurs moyennes des fourrages distribués, refusés et ingérés par groupe de fourrages sont présentées dans le Tableau 5. Les refus du groupe « Tri faible » sont en moyenne plus pauvres en MAT (- 6 g/kg MS) et plus riches en NDF et ADF (+ 26 g/kg MS et + 19 g/kg MS, respectivement) que le distribué. Cette différence entre les refus et le distribué est nettement plus marquée pour le groupe « Tri intermédiaire », pour la MAT (- 45 g/kg MS) et pour les teneurs en NDF et ADF (+ 99 g/kg MS et + 83 g/kg MS, respectivement). Le groupe « Tri élevé » présente des différences encore plus importantes que dans les deux autres groupes entre les refus et le distribué, pour la MAT (- 69 g/kg MS) et pour les teneurs NDF et ADF (+ 158 g/kg MS et + 134 g/kg MS, respectivement).

3.3. Comparaison des compositions chimiques des fourrages distribués et ingérés

Les différences observées entre le fourrage distribué et ingéré sont mathématiquement beaucoup plus faibles que celles observées entre le fourrage distribué et refusé, puisque les refus ne représentent que 10 à 20 % du distribué. Le fourrage ingéré est en moyenne plus riche en MAT que le fourrage distribué (+ 7 g/kg MS) et plus pauvre en NDF et ADF (respectivement - 17 g/kg MS et -14 g/kg MS) (Tableau 3). On observe également des différences entre groupes de fourrages. La MAT du fourrage ingéré est en moyenne 11 g/kg MS plus élevée que celle du distribué pour le groupe Tri élevé alors que pour le groupe Tri faible la différence moyenne n'est que de 2 g/kg MS. . Les différences de teneurs en NDF et ADF entre le fourrage ingéré et distribué sont également plus élevées en moyenne pour le groupe Tri élevé par rapport aux deux autres groupes de fourrages. Les teneurs en MAT, NDF et ADF de l'ingéré sont bien corrélées aux teneurs correspondantes du fourrage distribué (Figure 2).

Tableau 5 : Composition chimique des fourrages distribués, refusés et ingérés par groupe de fourrages (g/kg MS)

Table 5: Chemical composition of offered, refused and ingested forage by forage group (g/kg DM)

Groupe de fourrage	N		MS g/kg brut	MM	MAT	NDF	ADF	ADL
Tri faible	90	distribué	390 ± 303,1	89 ± 22,6	129 ± 39,5	526 ± 16,0	286 ± 50,1	31 ± 12,7
		refusé	413 ± 284,5	112 ± 32,8	123 ± 41,5	552 ± 73,5	305 ± 48,7	39 ± 19,8
		ref-dist ^a	24 ± 40,9	22 ± 23,5	-6 ± 16,8	26 ± 52,7	19 ± 34,2	8 ± 12,9
		ingéré	385 ± 306,9	86 ± 22,1	130 ± 40,0	519 ± 91,1	281 ± 50,8	29 ± 12,4
		Ing-dist ^a	-5 ± 7,5	-3 ± 4,1	2 ± 3,8	-7 ± 7,9	-5 ± 5,9	-2 ± 4,0
Tri intermédiaire	120	distribué	754 ± 237,5	86 ± 18,8	132 ± 22,0	488 ± 51,0	297 ± 44,1	48 ± 16,0
		refusé	745 ± 214,5	76 ± 25,8	87 ± 24,8	588 ± 65,3	380 ± 64,5	68 ± 30,9
		ref-dist	-8 ± 36,0	-10 ± 26,5	-45 ± 21,7	99 ± 55,4	83 ± 43,8	21 ± 21,3
		ingéré	754 ± 242,7	89 ± 20,8	141 ± 24,1	468 ± 52,8	280 ± 42,7	43 ± 16,3
		Ing-dist	1 ± 7,5	2 ± 4,3	9 ± 5,6	-20 ± 13,5	-17 ± 11,3	-5 ± 7,2
Tri élevé	50	distribué	896 ± 16,1	89 ± 7,9	188 ± 20,3	449 ± 26,3	311 ± 26,0	61 ± 7,7
		refusé	879 ± 30,5	71 ± 24,9	119 ± 28,2	607 ± 54,9	445 ± 54,5	91 ± 15,0
		ref-dist	-16 ± 26,2	-18 ± 23,8	-69 ± 14,4	158 ± 53,9	134 ± 47,3	30 ± 10,3
		ingéré	898 ± 17,0	92 ± 8,7	199 ± 18,2	421 ± 25,8	288 ± 22,4	55 ± 6,1
		Ing-dist	2 ± 4,0	3 ± 4,3	11 ± 4,5	-27 ± 14,1	-23 ± 11,8	-5 ± 2,6

Moyenne ± écart type. ^a: : ref-dist : écart refusé – distribué ; ing-dist : écart ingéré - distribué

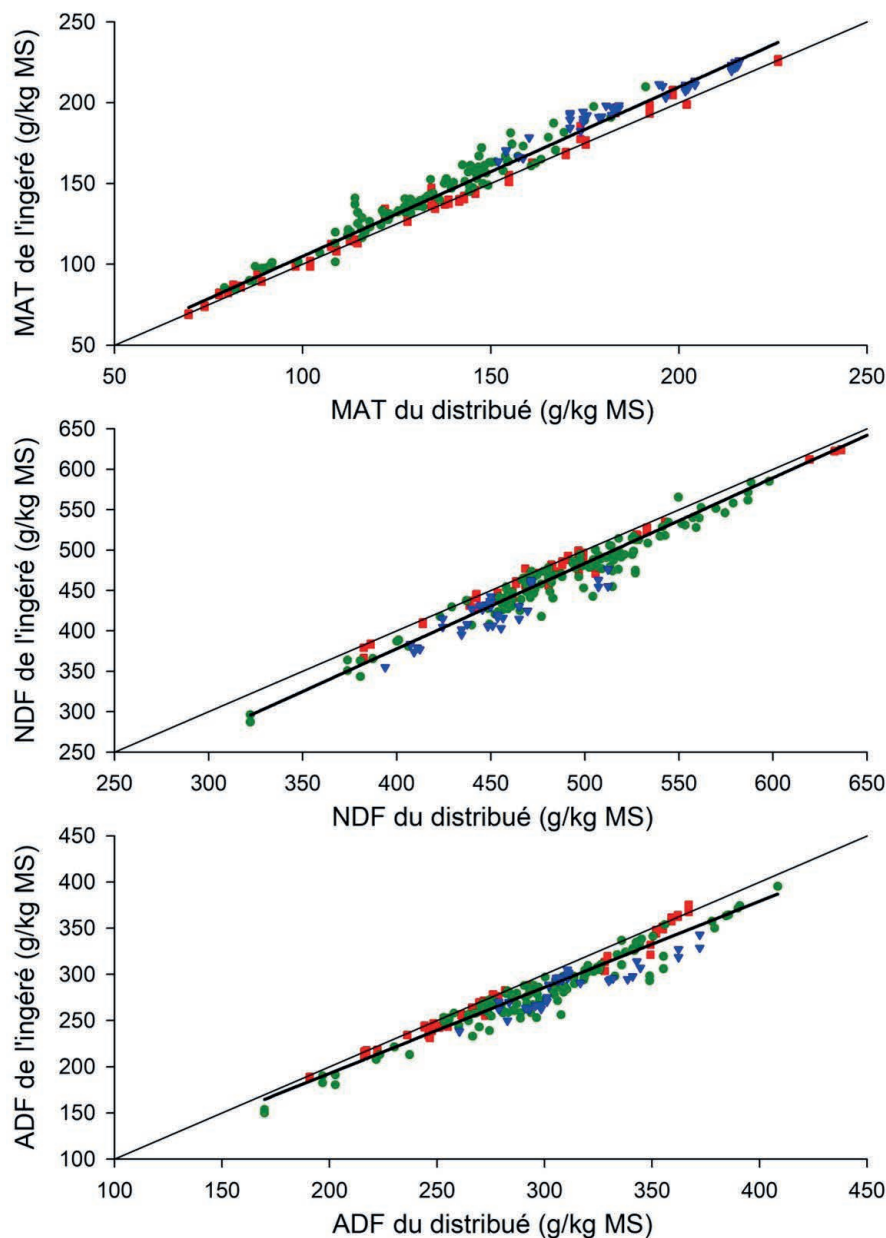


Figure 2 : Relations entre les teneurs en MAT, NDF et ADF des fourrages distribués et ingérés selon le groupe de fourrages (tri faible, intermédiaire ou élevé). Légende : ■ Tri faible ; ● Tri intermédiaire ; ▼ Tri élevé.

Figure 2: Relationships between CP, NDF and ADF concentrations of offered and ingested forage according to the forage group (few sorting, intermediate sorting or high sorting). Legend: ■ Few sorting; ● Intermediate sorting; ▼ High sorting.

On observe également une tendance qui permet d'envisager un effet du taux de refus et du groupe de fourrages sur la différence de teneur en MAT, NDF et ADF entre l'ingéré et le distribué (Figure 3).

3.4. Prévision de la composition chimique du fourrage ingéré

Toutes les équations de prévision sont présentées dans le tableau 6. Les équations de prévision de la teneur en MAT, NDF et ADF de l'ingéré à partir de la teneur du distribué correspondent aux équations 1, 2 et 3 et sont également représentées sur la figure 2.

La corrélation observée se traduit par une bonne prévision de la teneur en MAT, NDF et ADF du fourrage ingéré en prenant

uniquement en compte l'effet de la teneur en MAT, NDF et ADF du distribué. Pour ces trois variables, on peut en déduire que le déterminant principal de la teneur de l'ingéré est la teneur du distribué. Il reste néanmoins une variabilité sur la prévision.

Les équations 4, 5 et 6 permettent respectivement, de prévoir la différence de teneurs en MAT, NDF et ADF entre l'ingéré et le distribué à partir du taux de refus et du groupe de fourrages. Ces équations sont représentées sur la figure 3. Les effets du taux de refus et du groupe de fourrages sont significatifs pour ces 3 variables mais les écart-types résiduels restent importants comparés à la moyenne des différences de teneurs (Tableau 5).

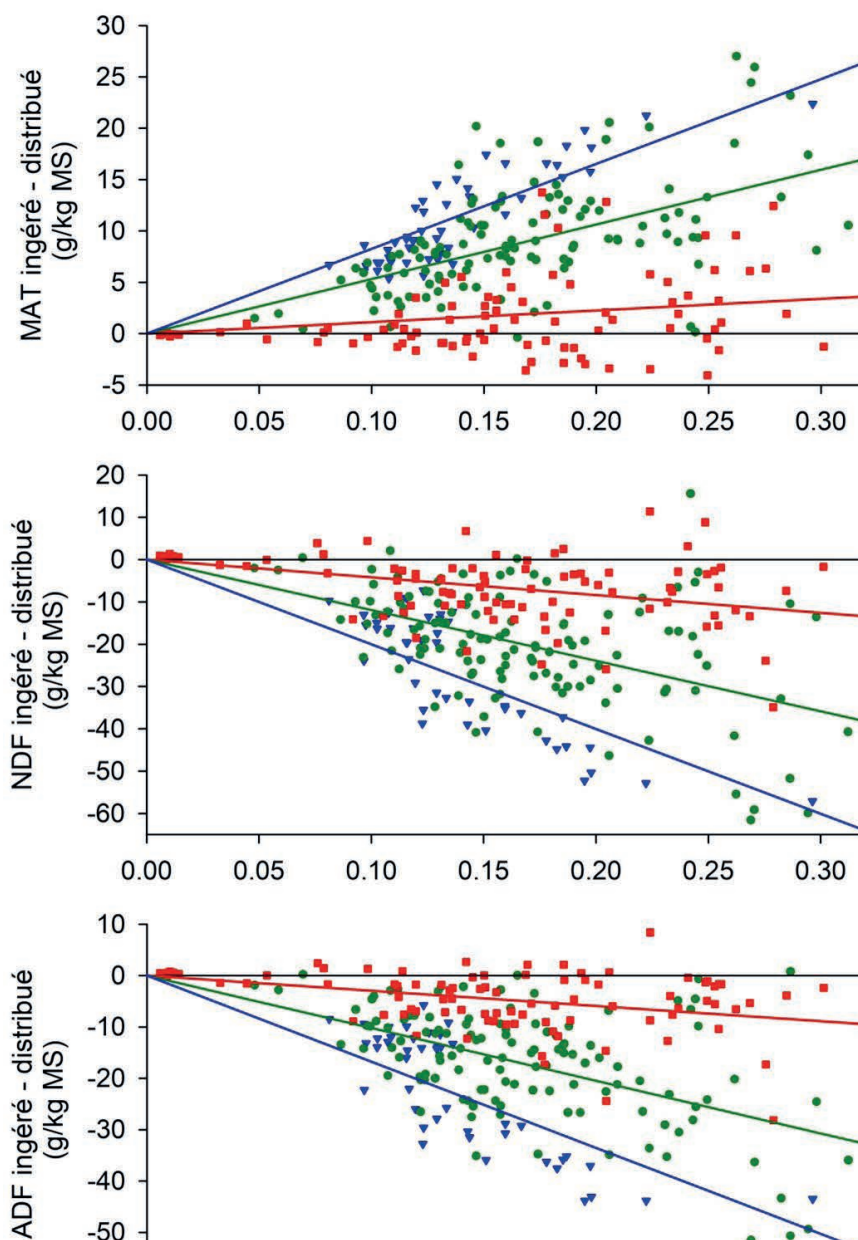


Figure 3 : Effet du taux de refus sur la différence de teneurs en MAT, NDF et ADF entre le fourrage distribué et ingéré, selon le groupe de fourrages (tri faible, intermédiaire ou élevé). Légende : ■ Tri faible ; ● Tri intermédiaire ; ▼ Tri élevé.

Figure 2: Effect of the proportion of refusals on CP, NDF and ADF concentrations differential between offered and ingested forage according to the forgroup (few sorting, intermediate sorting or high sorting) Legend: ■ Few sorting; ● Intermediate sorting; ▼ High sorting.

Les équations 7, 8 et 9 permettent de prévoir la teneur en MAT, NDF et ADF de l'ingéré à partir des teneurs respectives du distribué, du taux de refus et du groupe de fourrage. La précision est correcte avec des R^2 de 0,99, 0,98 et 0,97 respectivement, et des écarts type résiduels faibles. La prise en compte de l'effet du taux de refus et du groupe de fourrage permet d'améliorer la précision des prévisions par rapport aux équations 1, 2 et 3, avec des écart-types résiduels plus faibles d'environ 30 % pour les trois variables.

4. Discussion

4.1. Représentativité de la base de données

La base de données construite dans le cadre de ces travaux est unique et couvre une diversité de types et de qualités de fourrages. Cependant des informations manquantes pourraient limiter son utilisation. En effet l'enrubannage de graminées et l'ensilage de maïs ne présentent que 8 valeurs, et la variabilité de la composition chimique du distribué est faible (écart-type de 6,8 g/kg MS et 12,2 g/kg en MAT, respectivement), ce qui ne reflète pas la variabilité rencontrée sur le terrain pour l'enrubannage de graminées.

Tableau 6 : Equations de prévision de la composition chimique du fourrage ingéré à partir de la composition chimique du fourrage distribué, du taux de refus et du groupe de fourrage

Table 6: Predictive equations of the chemical composition of ingested forage from the chemical composition of the offered forage, the proportion of refusals and the group of forage

Valeur prévue		n	Equations	R ²	ETR
Ting g/kg MS	Equation 1	259	MATing = 0,3 + (1,047 × MATdist)	0,98	5,99
	Equation 2	253	NDFing = - 44,8 + (1,057 × NDFdist)	0,97	13,7
	Equation 3	253	ADFing = 6,6 + (0,931 × ADFdist)	0,93	11,6
ΔTing_dist g/kg MS	Equation 4	259	ΔMATing_dist = Δ × %ref	0,56	4,13
			Δ = 11,3 pour le groupe « Tri faible »		
			Δ = 53,2 pour le groupe « Tri intermédiaire »		
			Δ = 82,7 pour le groupe « Tri élevé »		
	Equation 5	253	ΔNDF ing_dist = Δ × %ref	0,51	9,97
			Δ = - 42,0 pour le groupe « Tri faible »		
			Δ = - 119,5 pour le groupe « Tri intermédiaire »		
			Δ = - 200,3 pour le groupe « Tri élevé »		
	Equation 6	253	ΔADF ing_dist = Δ × %ref	0,56	7,96
			Δ = - 29,7 pour le groupe « Tri faible »		
			Δ = - 102,4 pour le groupe « Tri intermédiaire »		
			Δ = - 167,8 pour le groupe « Tri élevé »		
Ting g/kg MS	Equation 7	259	MATing = - 2,1 + (1,014 × MATdist) + (Δ × %ref)	0,99	4,12
			Δ = 12,8 pour le groupe « Tri faible »		
			Δ = 54,8 pour le groupe « Tri intermédiaire »		
			Δ = 79,8 pour le groupe « Tri élevé »		
	Equation 8	253	NDFing = - 9,4 + (1,019 × NDFdist) + (Δ × %ref)	0,98	9,92
			Δ = - 44,1 pour le groupe « Tri faible »		
			Δ = - 119,8 pour le groupe « Tri intermédiaire »		
			Δ = - 195,7 pour le groupe « Tri élevé »		
	Equation 9	253	ADFing = 5,7 + (0,985 × ADFdist) + (Δ × %ref)	0,97	7,95
			Δ = - 37,0 pour le groupe « Tri faible »		
			Δ = - 108,3 pour le groupe « Tri intermédiaire »		
			Δ = - 173,4 pour le groupe « Tri élevé »		

MATdist, NDFdist et ADFdist = teneur en MAT, NDF et ADF du fourrage distribué, respectivement, en g/kg MS
MATing, NDFing et ADFing = teneur en MAT, NDF et ADF du fourrage ingéré, respectivement, en g/kg MS
ΔMATing_dist, ΔNDFing_dist et ΔADFing_dist = différence de teneur en MAT, NDF et ADF entre l'ingéré et le distribué, respectivement, en g/kg MS
%ref = taux de refus

Les compositions chimiques moyennes des fourrages distribués sont proches de celles que l'on peut retrouver dans les tables INRA (INRA, 2018), excepté pour les fourrages verts et enrubannés, pour lesquels la teneur en MAT moyenne est plus faible que dans les Tables (142 g/kg MS et 145 g/kg MS, respectivement). La gamme de valeur des foin de graminées est sans doute peu représentative de la variabilité que l'on retrouve habituellement sur le terrain. En effet, leur teneur en MAT moyenne atteint 100 g/kg MS, mais l'écart-type est seulement de 11,7 g/kg MS. Il serait donc intéressant d'augmenter la gamme de qualité de plusieurs types de fourrages pour tester la robustesse des équations de prévision obtenues.

4.2. Effet du taux de refus et de la stratégie de distribution

Les résultats permettent de confirmer et de quantifier les différences de tri entre types ou groupes de fourrages. Ces différences suggèrent que, pour de nombreux fourrages, il n'est pas intéressant de chercher à augmenter le taux de refus pour augmenter la valeur nutritive de la ration. En effet, pour les fourrages peu ou pas triés, le taux de refus a un impact quasi nul sur la qualité de l'ingéré. Au contraire, pour des fourrages avec un tri plus marqué comme la luzerne, accepter un taux de refus élevé peut sembler

intéressant pour augmenter la valeur nutritive du fourrage ingéré, en particulier pour valoriser un fourrage de mauvaise qualité avec une disponibilité importante. Cependant, la stratégie de gestion du taux de refus ne doit pas se cantonner aux seuls effets potentiels sur la valeur de la ration, mais tenir compte également de l'effet connu du taux de refus sur la quantité ingérée, qui peut avoir un impact marqué, voire prépondérant, sur les apports nutritifs. Dans une étude rassemblant 7 expériences, Sauvart et al. (2021) ont montré qu'une augmentation de 100 g de matière sèche (MS) par kg de poids métabolique de fourrage distribué augmentait son ingestion par les chèvres de 24 g de MS par jour en moyenne. Ce lien entre le distribué et l'ingéré est à mettre en relation avec le niveau de refus et de tri de ce même fourrage. Il nous semble donc important de prendre en compte à la fois les aspects de qualité des fourrages et de quantité ingérée pour pouvoir faire des recommandations adaptées sur les pratiques liées au taux de refus.

4.3. Application des équations

Les trois équations de prévision de la composition de l'ingéré à partir de la composition du distribué sont très simples et présentent une bonne précision. Cependant ces équations n'intègrent pas l'effet du taux de refus et du type de fourrage. Les trois équations de prévision de l'écart de composition chimique entre l'ingéré et le distribué permettent d'intégrer l'effet du taux de refus et du type de fourrage mais avec une précision assez faible si l'on rapporte l'écart-type résiduel à la moyenne des variables mesurées. Ces équations permettent de produire des messages simples sur l'effet du taux de refus avec, par exemple, un gain de 8 g/kg MS de la teneur MAT de l'ingéré pour 10 % de refus supplémentaires avec des fourrages très triés, 5 g/kg MS pour des fourrages moyennement triés et 1 g/kg MS pour les fourrages peu triés. Concernant les teneurs en fibres, ces équations permettent de prévoir une diminution de 20 g/kg MS de la teneur en NDF et de 17 g/kg MS de la teneur en ADF pour 10 % de refus supplémentaires dans le cas des fourrages très triés. Dans le cas des fourrages moyennement triés, cette diminution est respectivement de 12 g/kg MS et 10 g/kg MS pour le NDF et l'ADF, respectivement. Dans le cas des fourrages peu triés, la diminution des teneurs en NDF et ADF entre le fourrage distribué et le fourrage ingéré est négligeable (4 et 3 g/kg MS, respectivement).

Les équations 7, 8 et 9 intègrent à la fois l'effet de la composition du distribué, du taux de refus et du type de fourrage, et sont plus précises que les équations précédentes. Ces trois équations sont théoriquement les plus prometteuses en termes d'applications pratiques car elles reposent sur des variables mesurables en fermes. Elles nécessitent cependant une analyse chimique du fourrage distribué et une estimation du taux de refus, ce qui n'est jamais simple à estimer sans pesées des quantités distribuées et refusées, si possible sur plusieurs jours représentatifs. En pratique, les taux de refus sont généralement assez bas, compris entre 5 et 15 % selon les fourrages, ce qui facilite l'utilisation de ces équations et réduit le risque d'erreur dans l'estimation de la composition de l'ingéré par rapport à celle du distribué.

Conclusion

Cette étude souligne une fois de plus la capacité de la chèvre à trier les fourrages, et a permis de quantifier les conséquences de ce comportement de tri sur la qualité du fourrage qu'elle ingère, en fonction du type de fourrage et du taux de refus. Nous avons montré que la différence de composition chimique entre le fourrage distribué et le fourrage refusé est parfois très importante, et ce d'autant plus que le fourrage est triable et distribué en grande quantité. À ce titre, le foin de luzerne est apparu comme un fourrage particulier. Cette étude a cependant permis de relativiser l'écart de composition chimique entre le fourrage distribué et le fourrage ingéré, qui est resté modéré sur la plupart des types de fourrages. Parmi les 8 types de fourrages ou de rations distribués, seul le foin de luzerne a conduit à un écart conséquent entre le distribué et l'ingéré (+8 g MAT/kg MS pour 10 % de refus), cet écart étant d'autant plus grand que le taux de refus était élevé. À l'opposé, les fourrages verts, l'enrubannage de graminées, l'ensilage de maïs et le foin de graminées n'ont pas été triés par les chèvres, conduisant à des compositions chimiques quasiment identiques entre les fourrages distribués, refusés et ingérés. Enfin, les rations mélangées, le foin de sainfoin et le foin de prairies multi-espèces ont été moyennement triés par les chèvres avec un gain de l'ordre de 5 g MAT/kg MS entre le distribué et l'ingéré, pour 10 % de refus. Il est donc possible d'estimer assez simplement en fermes caprines la composition chimique du fourrage ingéré à partir de la composition chimique du fourrage distribué, du type de fourrage, et d'une estimation du taux de refus. La base de données mériterait d'être complétée en augmentant à la fois le nombre de types de fourrages et la gamme de variation de qualité intra-type de fourrage, notamment pour les ensilages, enrubbannages et foin de graminées. Enfin, un travail similaire pourrait être conduit chez les brebis ou les vaches afin de comparer les capacités de tri entre espèces de ruminants.

Remerciements

Cette étude a été financée par l'Institut Carnot France Futur Elevage, dans le cadre du projet MaxForGoat. Nous remercions vivement le personnel des équipes techniques des quatre fermes expérimentales impliquées dans ce projet (Grignon, INRAE MoSAR ; le Pradel, EPLEFPA Olivier de Serres ; Lusignan, INRAE FERLus, Méjusse, INRAE PEGASE) pour la conduite des essais ayant permis de construire cette base de données.

Références bibliographiques

- Abijaoudé J.A., Morand-Fehr P., Tessier J., Schmidely P., Sauvant D. (2000). Diet effect on the daily feeding behaviour, frequency and characteristics of meals in dairy goats. *Livest. Prod. Sci.*, 64, 29-37. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00173-1](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00173-1)
- Berthel R., Dohme-Meier F., Keil N. (2024) Dairy sheep and goats sort for particle size and protein in mixed rations. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 271, 106144. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2023.106144>.
- Bluet B., Caillat H., Boyer C., Puillet L., Faça B., Delagarde R. (2024). Impacts des modalités de distribution des fourrages sur leur valorisation chez la chèvre laitière : une approche combinée entre acteurs du terrain et de la recherche. *Renc. Rech. Rumin.*, 27, 501-504.
- Bourbouze A., Guessous F. (1977). La chèvre et l'utilisation des ressources dans les milieux difficiles. Symp. *La chèvre des pays méditerranéens*, Malaga, Grenada, Murcia (Espagne), 3-7 octobre 1977, 207-227.
- Boyer C., Le Chenadec H., Noël F., Baron A., Delagarde R. (2025). Pâturage estival de mûrier blanc (*Morus alba*) par les chèvres laitières : effets sur les performances zootechniques, le lait et le fromage. *Fourrages*, 261- .
- Caillat H., Bossis N., Jost J., Pierre P., Legarto J., Lefrileux Y., Delagarde R. (2016). Les légumineuses dans les systèmes caprins: quelles espèces pour quelles valorisations?. *Fourrages*, 227, 199-206.
- Caillat H., Ranger B., Audebert G., Bruneteau E., Fatet A., Paraud C., Quenon J., Bossis N., Jost J. (2024). Conception de systèmes d'élevages caprins agroécologiques : retours de 10 ans de l'expérimentation-système Patuchev. *Renc. Rech. Rumin.*, 27, 145-149.
- Charpentier A., Mendowski S. Delagarde R. (2017). Prediction of *in vivo* digestibility of pasture-based diets in dairy goats from faecal indicators. *Grassland Science in Europe*, 22, 533-535.
- Claps S., Rubino R., Fedele V. (1997). Feeding behaviour of grazing and zero-grazing goats fed with the same herbage. In : Lindberg J.E. (ed.), Gonda H.L. (ed.), Ledin I. (ed.). *Recent advances in small ruminant nutrition*. Zaragoza : CIHEAM. (Option s Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 34), 79-82.
- Collins H.A., Nicol A.M. (1986). The consequence for feed dry matter intake of grazing sheep, cattle and goats to the same residual herbage mass. *Proc. NZ Soc. Anim. Prod.*, 46, 125-128.
- Delagarde R., Puillet L., Caillat H., Boyer C., Bluet B. (2025a). Fréquence de distribution des fourrages chez la chèvre : effets sur l'ingestion, la production et le comportement. *Fourrages*, 261, 55-68.
- Delagarde R., Caillat H., Puillet L., Boyer C., Bluet B. (2025b). Ordre de distribution des fourrages chez la chèvre : effets sur l'ingestion, la production et le comportement alimentaire. *Fourrages*, 261, 43-54.
- Dulphy J.P., Martin-Rosset W., Jouany J.P. (1995). Ingestion et digestion comparées des fourrages chez différentes espèces d'herbivores. *INRA Productions Animales*, 8, 293-307. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.1995.8.4.4141>
- Dumont, B., Meuret, M., Boissy, A. and Petit, M. (2001). Le pâturage vu par l'animal: Mécanismes comportementaux et applications en élevage. *Fourrages*, 166, 213-238.
- Fança B., Couvet R., Dufourg V., Gentil E., Lictévout V., Bluet B. (2025). Comprendre les pratiques des éleveurs en termes de distribution des fourrages chez les chèvres laitières. *Fourrages*, 261, 35-42.
- Ferreira, M., Delagarde, R., Edouard, N. (2021). CowNflow: A dataset on nitrogen flows and balances in dairy cows fed maize forage or herbage-based diets. *Data in Brief*, 38, 107393. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2021.107393>
- Giger-Reverdin S., Erhard H.W. (2022). Le comportement de tri chez la chèvre laitière. Un trait de caractère qui peut influencer la valeur nutritive de rations à base de foin de luzerne et d'ensilage de maïs ? *Renc. Rech. Rumin.*, 26, 99.
- Giger S., Sauvant D., Hervieu J., Dorleans M. (1987). Valeur alimentaire du foin de luzerne pour la chèvre. *Annal. Zootech.*, 36, 139-152.
- Görgülü M., Boğa M., Serbest U., Şahin, A., Kutlu H. R., Şahinler S. (2008). Diet selection and eating behaviour of lactating goats subjected to time restricted feeding in choice and single feeding system. *Small Rumin. Res.*, 78, 41-47. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.04.004>
- Hurtaud C., Labanca H., Coulmier D., da Silva Moreira J.B., Delagarde R. (2025). Luzerne et/ou fétuque déshydratées chez la chèvre : effets sur l'ingestion, la production et les aptitudes fromagères. *Fourrages*, 261, 103-115.
- INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) (2018). Alimentation des ruminants. Editions Quae, Versailles, France, 728 pp.
- Morand-Fehr P. (1981). Caractéristiques du comportement alimentaire et de la digestion des caprins. In *Nutrition and systems of goat feeding*. ITOVIC-INRA, 21-45.
- Morand-Fehr P., Giger-Reverdin S., Sauvant D., Broqua B., Demarquilly C. (1987). Utilisation des fourrages secs par les caprins. *Les fourrages secs : récolte, traitement, utilisation*. INRA Editions, Versailles.
- Morand-Fehr P., Hervieu J., Bremart-Le Gousse C. (1977). Comportement de la chèvre : réaction de l'animal vis-à-vis du fourrage distribué. Symp. *La chèvre des pays méditerranéens*, Malaga, Grenada, Murcia (Espagne), 3-7 octobre 1977, 156-160.
- Morand-Fehr P., Hervieu J., Sauvant D. (1980). Contribution à la description de la prise alimentaire de la chèvre. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 20 (5B), 1641-1644.
- Provenza F.D., Balph D.F. (1990). Applicability of Five Diet-Selection Models to Various Foraging Challenges Ruminants Encounter. In: Hughes R.N. (eds) *Behavioural Mechanisms of Food Selection*. NATO ASI Series, vol 20. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Sauvant D., Chapoutot P., Giger-Reverdin S., Bluet B. (2021). Extension spatio-temporelle du modèle chèvre INRA 2018 : 1. Application à l'alimentation en lots. *INRAE Prod. Anim.*, 34, 305-326. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2021.34.4.5354>
- Zemmelink G. (1980). Effect of selective consumption on voluntary intake and digestibility of tropical forages. Thèse de Doctorat, Wageningen. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, Pays-Bas, 100 pp.